

521,112

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

Rec'd PCT/PTO

12 JAN 2005

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004年3月4日 (04.03.2004)

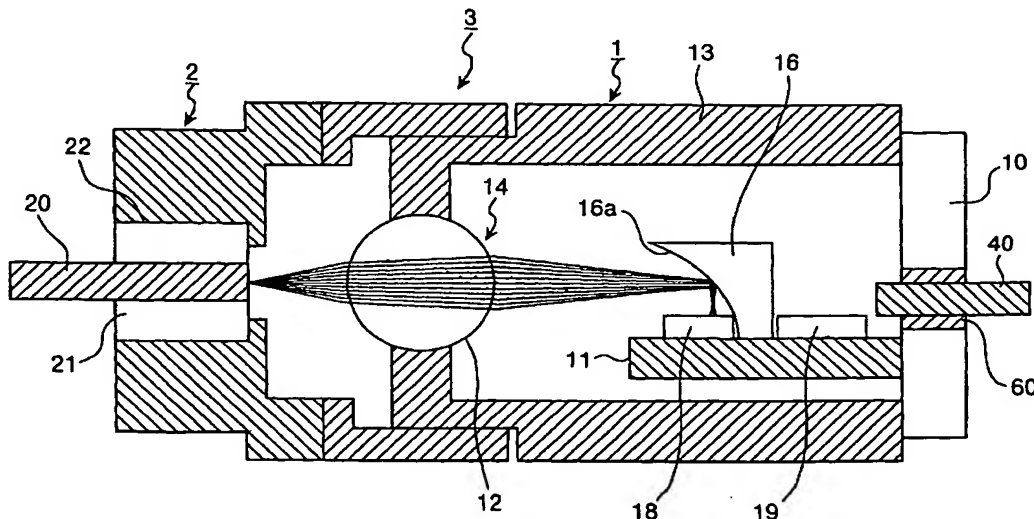
PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/019417 A1

- (51) 国際特許分類: H01L 31/0232, G02B 6/42 (SAKAI,Kiyohide) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/008858
- (22) 国際出願日: 2003年7月11日 (11.07.2003) (74) 代理人: 酒井 宏明 (SAKAI,Hiroaki); 〒100-0013 東京都千代田区霞が関三丁目2番6号東京倶楽部ビルディング Tokyo (JP).
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語 (81) 指定国 (国内): CA, US.
- (30) 優先権データ: 特願2002-204781 2002年7月12日 (12.07.2002) JP (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱電機株式会社 (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 Tokyo (JP). 添付公開書類:
— 国際調査報告書
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 酒井 清秀
- 2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: PHOTORECEPTOR DEVICE MODULE

(54) 発明の名称: 受光素子モジュール



(57) Abstract: A photoreceptor device module (3), comprising a stem (10) allowing signal pins (40) (monitor signal pin, voltage supply pin) to be passed therethrough, a pedestal (11) vertically fixed to the stem (10), a cap member (13) having a light passing hole and fixed to the stem (10), a ball lens (12) inserted into the light passing hole and condensing signal light emitted from an optical fiber (20), a parabolic mirror (16) disposed on the pedestal (11) and reflecting the signal light condensed by the ball lens (12) by refracting generally at right angle, a photoreceptor device (18) disposed on the pedestal (11) and receiving and converting into electric signals the signal light reflected by the parabolic mirror (16), and a transimpedance amplifier (19) disposed on the pedestal (11) in proximity to the photoreceptor device (18) and amplifying the electric signals converted by the photoreceptor device (18).

/続葉有/

WO 2004/019417 A1



(57) 要約:

本発明の受光素子モジュール（３）は、信号ピン（４０）（モニタ信号ピン、電圧供給ピン）を貫通するステム（１０）と、ステム（１０）に対して垂直方向に固定される台座（１１）と、光貫通孔を有し、ステム（１０）に固定されるキャップ部材（１３）と、光貫通孔に挿入され、光ファイバ（２０）から射出される信号光を集光する球レンズ（１２）と、台座（１１）上に配され、球レンズ（１２）で集光された信号光を略直角に屈曲させて反射する放物面鏡（１６）と、台座（１１）上に配され、放物面鏡（１６）で反射された信号光を受光して電気信号に変換する受光素子（１８）と、台座（１１）上に受光素子（１８）と近接して配され、受光素子（１８）で変換された電気信号を増幅するトランスインピーダンスアンプ（１９）等を備えている。

明 細 書

受光素子モジュール

5 技術分野

本発明は、ホトダイオードなどの半導体受光素子が搭載される受光素子モジュールに関し、さらに詳しくは、光ファイバが付属した同軸型の受光素子モジュールや、光ファイバを接続するためのレセプタクル型アダプタ付きの受光素子モジュールに関するものである。

10

背景技術

近年、光ファイバを介して光信号を伝送する光通信システムにおいては、インターネットの普及に伴なう通信トラフィックの増大に応えるため、光信号の伝送速度の高速化が目覚しく、伝送速度が2.5Gb/sから10Gb/sへと移行しつつあり、現在、40Gb/sの伝送速度の実現に向けて研究開発が進められている。これに伴ない、光送受信器の扱う信号の伝送速度についても、高速化が要求されている。

15

光送受信器は、送信するデータ信号を電気信号から光信号に変換し、送信用の光ファイバを介して光信号を送信するとともに、受信用の光ファイバを介して光信号を受信し、受信した光信号を電気信号として再生するものである。

20

この種の光受信器に用いられる受光素子モジュールとしては、例えば、特許公報第2907203号公報の技術が公知である。上記特許公報では、受光素子を収納して当該受光素子を搭載する搭載面を有する箱型のハウジングと、当該箱型のハウジングの側壁から所定方向に沿って伸び、かつ、光ファイバの先端に取り付けられたフェルルールを収納した状態で支持するスリーブと、箱型のハウジングに収納され、光ファイバと受光素子とを光学的に結合するための楕円面反射鏡と、当該楕円面反射鏡を箱型のハウジング内の搭載面から所定距離離間させた状態で

25

箱型のハウジング内の所定位置に保持するための支持構造を設けた光モジュールが開示されている。

しかしながら、上記特許公報の技術にあっては、楕円面反射鏡を使用しているので、光ファイバと受光素子を最適に配置するためには反射鏡の焦点距離を長くする必要があり、そのために、受光素子モジュールを小型化することができないという問題があった。また、反射鏡の反射点と受光素子の間隔が広いこと、焦点距離が長いことから、環境温度により反射鏡の材料の熱膨張が発生し、結果として像点位置の変化が大きくなるため、これを防止するために特許公報第2907203号公報に示される像点位置の補償手段が必要となり、構造が複雑になる問題があった。さらに、反射鏡の形状が楕円面であるためプラスチックモールドに使用する鏡面の成形型の作成に鏡面フライス盤を使用する必要があり、面精度を確保するのが困難であるなどの問題があった。

従って、本発明は、像点位置の温度補償手段などの複雑な構造を必要としない簡単な構造で、かつ小型化が可能な受光素子モジュールを提供することを目的としている。

発明の開示

この発明にかかる受光素子モジュールは、光ファイバから射出される信号光を受光する受光素子モジュールにおいて、前記光ファイバから射出された前記信号光を集光するレンズと、前記レンズによって集光された前記信号光を反射させる2次曲面の反射面を有する反射鏡と、前記反射鏡によって反射された前記信号光を受光して電気信号に変換する受光素子と、を備えたことを特徴とする。

また、前記反射鏡は、放物面鏡であっても良い。

また、前記レンズで集光される前記信号光は前記反射面の軸に略平行に前記反射面に入射し、前記反射面では、前記反射面の中心から略半径分オフセットした位置で、入射される前記信号光を反射するようにしても良い。

また、前記レンズで集光される前記信号光は前記反射面の軸に略平行に前記反

射面に入射し、前記反射面では、入射される前記信号光を略直角に屈曲させて反射することにしても良い。

また、前記反射鏡は、双曲面鏡であっても良い。

また、前記レンズは、球レンズであっても良い。

- 5 また、前記受光素子と同一平面上に近接して配され、前記受光素子で変換された電気信号を増幅するトランスインピーダンスアンプをさらに備えていても良い。

また、前記反射鏡は、プラスチックモールドで形成されたものに、反射面を設けたものであっても良い。

- 10 また、前記光ファイバは、前記光ファイバと前記レンズとが成す光軸に対し、当該光軸方向および当該光軸に直角な2方向の3軸方向の調整を行っても良い。

- また、つぎの発明は、光ファイバから射出される信号光を受光する受光素子モジュールにおいて、信号ピンを貫通するステムと、前記ステムに対して垂直方向に固定される台座と、光貫通孔を有し、前記ステムに固定されるキャップ部材と、前記光貫通孔に挿入され、前記光ファイバから射出される信号光を集光する球レンズと、前記台座上に配され、前記球レンズで集光された信号光を略直角に屈曲させて反射する放物面鏡と、前記台座上に配され、前記放物面鏡で反射された信号光を受光して電気信号に変換する受光素子と、前記台座上に前記受光素子と近接して配され、前記受光素子で変換された電気信号を増幅するトランスインピーダンスアンプと、を備えたことを特徴とする。
- 15

- 20 また、つぎの発明は、光ファイバから射出される信号光を受光する受光素子モジュールにおいて、信号ピンを貫通するステムと、前記ステムに対して垂直方向に固定された台座と、第1の光貫通孔を有し、前記ステムに固定されるキャップ部材と、前記第1の光貫通孔を覆う窓部材と、第2の光貫通孔を有し、前記キャップ部材に固定されるレンズ保持部材と、前記第2の光貫通孔に挿入され、前記
- 25 光ファイバから射出される信号光を集光する球レンズと、前記台座上に配され、前記球レンズで集光された信号光を略直角に屈曲させて反射する放物面鏡と、前記台座上に配され、前記放物面鏡で反射された信号光を受光して電気信号に変換

する受光素子と、前記台座上に前記受光素子と近接して配され、前記受光素子で変換された電気信号を増幅するトランスインピーダンスアンプと、を備えたことを特徴とする。

5 図面の簡単な説明

第1図は、実施の形態1にかかる受光素子モジュールの外観構成を示す図であり、第2図は、第1図の受光素子モジュールの垂直断面図を模式的に示した図であり、第3図は、ガウスビームの広がりの説明するための図であり、第4図は、各種記号を説明するための図であり（その1）、第5図は、各種記号を説明するための図であり（その2）、第6図は、物点－レンズ間隔と横倍率の関係を説明するための図であり、第7図は、物点－レンズ間隔とR点－像点距離の関係を説明するための図であり、第8図は、第1図の受光素子モジュールの水平断面図、垂直断面図であり、第9図は、ステムとピンと台座の配置関係などを示すための図であり、第10図は、受光素子とトランスインピーダンスアンプの電気的な接続を説明するための図であり（その1）、第11図は、受光素子とトランスインピーダンスアンプの電気的な接続を説明するための図であり（その2）、第12図は、実施の形態2の受光素子モジュールを説明するための図であり、第13図は、実施の形態3の受光素子モジュールを説明するための図であり、第14図は、実施の形態4の受光素子モジュールを説明するための図である。

20

発明を実施するための最良の形態

以下、図面を参照して、本発明にかかる受光素子モジュールの好適な実施の形態を詳細に説明する。

実施の形態1.

25 第1図～第11図を参照して、この発明の実施の形態1の受光素子モジュールについて説明する。この実施の形態1の受光素子モジュールは、安価なキャンパッケージ型のモジュール形態を採用しており、パッケージ内には受光素子として

ホトダイオードが内蔵されている。また、本明細書では、受光素子モジュールとは、密閉用のキャップ（蓋）がないものも含めた総称とする。

第1図は、受光素子モジュール3の外観構成を示している。同図に示す如く、受光素子モジュール3は、キャップ部材13とステム10を備えたキャンパッケージ1と、光ファイバ20が接続されたフェルール21が挿入されるレセプタクル2とから構成されている。通常、ステム10は直径6mm以下である。

第2図は、第1図の受光素子モジュール3の受光原理を説明するために受光素子モジュール3の垂直断面図を模式的に示している。第2図は、後述する第8図の構造を簡略化して模式的に示したもので、一部の部位の図示を省略し、また、部位を簡易化して図示している。

受光素子モジュール3は、第2図に示す如く、信号ピン40（信号ピン41aおよび41b、グランドピン42aおよび42b、電圧供給ピン43aおよび43bに対応）を貫通するステム10と、ステム10に対して垂直方向に固定される台座11と、光貫通孔14を有し、ステム10に固定されるキャップ部材13と、光貫通孔14に挿入され、光ファイバ20から射出される信号光を集光する球レンズ12を有している。また、台座11上に配され、球レンズ12で集光された信号光を略直角に屈曲させて反射する放物面鏡16と、台座11上に配され、放物面鏡16で反射された信号光を受光して電気信号に変換する受光素子18と、台座11上に受光素子18と近接して配され、受光素子18で変換された電気信号を増幅するトランスインピーダンスアンプ19等を備えている。受光素子18として、この実施の形態ではホトダイオードを用いている。

ステム10には、信号ピン40が誘電体60（誘電体61、63a、63bに対応）を介して貫通され、台座11とキャップ部材13がステム10に対して垂直方向に固定されている。この台座11には、受光素子18、放物面鏡16、およびトランスインピーダンスアンプ19が近接させて載置されている。キャップ部材13には、球レンズ12を挿入するための光貫通孔14が形成されており、球レンズ12はキャップ部材13の光貫通孔14に挿入され、内部の密封構造が

達成される。球レンズ12は、例えば、安価なBK7（屈折率1.51、ショット社の商品名）で構成することができる。また、キャップ部材13には、フェルール21を挿入するための挿入孔22が形成されているレセプタクル2が固定されている。上記放物面鏡16は、反射面16aを有しており、その放物面（反射面）の回転対称軸から略半径分オフセットした位置に球レンズ12で集光された信号光が入射するように配置されている。なお、ここでいう、半径とは後述する放物面の曲率半径を意味している。

つぎに、光ファイバ20から出射される信号光の伝達経路を説明する。光ファイバ20から出射される信号光は、球レンズ12に入射する。球レンズ12は、入射する信号光を集光する。球レンズ12で集光された信号光の主光線は、放物面鏡16の反射面16aの回転対称軸に略平行に反射面16aに入射する。放物面鏡16の反射面16aでは、入射される信号光が略直角に屈曲されて反射され、受光素子18に入射する。放物面鏡16の特性によりこの反射で信号光は集光される。受光素子18は、入射する信号光を電気信号に変換して、トランスインピーダンスアンプ19に出力する。トランスインピーダンスアンプ19では、受光素子18から入力される電気信号が増幅された後、信号ピン40から外部の上位システムに出力される。このように、本発明の受光素子モジュールでは、球レンズ12と放物面鏡16で2段階の集光が行われる。

ここで、光ファイバ20、球レンズ12、放物面鏡16、受光素子18の配置について、簡単に説明する。まず、放物面鏡16によって、光ファイバから射出される信号光の光軸上に受光素子の受光面（PD（Photo Detector）受光面）の虚像が形成される。一方、光ファイバの信号光が射出される個所（以下、射出点）が物点に配置されており、球レンズによって光ファイバの射出点が信号光の光軸上に実像が結像される。その際、受光面の虚像の位置に対して光ファイバの射出点の実像の位置が結像されるように光ファイバ20、球レンズ12、放物面鏡16、受光素子18が配置されている。即ち、反射鏡で受光素子の受光面をレンズの光軸上に虚像を成し、物点に配置された光ファイバの発光点

がレンズを介して虚像位置に見える受光素子の受光面の虚像に対し結像するようになっている。尚、反射鏡で受光素子の受光面を拡大してレンズの光軸上に実像を成し、物点に配置された光ファイバの発光点が、レンズを介して、実像位置に見える受光素子の受光面の像に対し結像するようにしても良い。

- 5 つぎに、第3図～第7図を参照して、上記球レンズ12および放物面鏡16の具体的な設計例について説明する。まず、球レンズ12の倍率について第3図～第5図を用いて説明する。第3図は、ガウスビームの広がりの説明するための図、第4図および第5図は、各種記号を説明するための図を示している。

- 10 物点に配置され、波長 λ の光を出射するスポット径 ω_1 の光ファイバが、横倍率 m の理想レンズを介して、近軸像点から z だけデフォーカスした像面で結像する像のスポット径 ω_2 は、下式(1)で表すことができる。

$$\omega_2(z) = m\omega_1 \sqrt{1 + \left(\frac{\lambda z}{\pi(m\omega_1)^2} \right)^2} \quad \dots (1)$$

- 15 第3図は、上記式(1)を利用して、波長 $1.3 \mu\text{m}$ 、スポット径 $5 \mu\text{m}$ の光ファイバが、横倍率 $0.5 \sim 1$ 倍の理想レンズを介して、近軸像点からデフォーカス $60 \mu\text{m}$ 間の像面におけるスポット径を $10 \mu\text{m}$ 毎に示したものである。ガウスビームは、スポット径 ($1/e^2$ の光強度) の 1.5 倍程度で 2% 程度の損失となるため、例えば、 10Gb/s の光伝送に使用される半径 $10 \mu\text{m}$ の受光素子に対してはスポット径 $7.5 \mu\text{m}$ 以下が好適な条件となる。なお、第3図における凡例は(横倍率、デフォーカス量 (mm)) を意味している。即ち、例えば、 $\omega_2(m, 60 \times 10^{-3})$ は、横倍率が m 倍でデフォーカス量が $60 \mu\text{m}$ のときのスポット径 (ω_2) を意味している。

- 25 第3図より、例えば受光素子の厚み公差 $\pm 30 \mu\text{m}$ を考えた場合は、横倍率 0.7 倍が最適となること、および光軸ずれの大きい光学系(例えば、デフォーカス量が $60 \mu\text{m}$ の)では横倍率 1 付近が良いこと等が分かる。実際には、光学系の収差による像ボケと組立て公差を考慮して、光学系全体の横倍率は 0.5 から 1

倍とされる。

つぎに、レンズ 1 2 と放物面鏡 1 6 とによる光学系を第 4 図について説明する。第 4 図において、レンズ 1 2 は焦点距離 f_1 の理想レンズ 1 2 0 とし、放物面鏡 1 6 は回転対称軸 z 付近の曲率半径 r の放物面 1 6 とする反射面 1 6 a を有するものとする。放物面 1 6 は、光軸と垂直な軸 y に対し $z = y^2 / 2r$ の放物面であり、前記レンズの主光線が回転対称軸から高さ h の位置（点 R）に入射して反射されている。ここで、物点が光軸から δ ずれて発生する主光線の傾きを u とし、 $u = 0$ の時に反射した光線と回転対称軸との交点を点 Q、反射した光線と y 軸のなす角を θ 、角度 u の時に点 Q が δ' ずれた位置を点 Q' としている。ここで、近軸かつ共軸の光学系にならって、第 4 図の光学系で倍率を仮に $\gamma = \delta' / \delta$ と定義する。

図 4 より $\delta = f_1 \tan u$ 、 $RQ' = \frac{h}{\cos \theta}$ より $\delta' = RQ' \cdot \frac{\sin u}{\cos \theta} = \frac{h \sin u}{\cos^2 \theta}$ となるので、倍率は下式で与えられる。

$$\gamma = \frac{h \sin u}{f_1 \tan u} \frac{1}{\cos^2 \theta} = \frac{h}{f_1} \frac{1}{\cos^2 \theta} \quad \dots(2)$$

ここで、角度 θ は放物面は $z = \frac{y^2}{2r}$ なので $\tan \theta = \frac{\frac{r}{2} - \frac{h^2}{2r}}{h}$ から求められる。

上記式 (2) より、倍率 γ は放物面 1 6 に入射する位置 h の影響を受けることが分かる。まず、このような使用方法をする場合、放物面鏡 1 6 は収差低減のため、 $h \approx r$ 付近で使用すれば良く、焦点距離を仮に $f_2 = r$ 、主面位置を主光線が反射鏡に入射する R 点を含む平面と考えることができる。

つぎに、放物面鏡 1 6 で構成する光学系の部分系を第 5 図について説明する。この放物面鏡 1 6 を仮に焦点距離 f_2 の理想レンズ 1 6 2 と考え、受光素子の受光面にできるスポット径を ω_{pd} 、主面との間隔を d_0 、虚像のスポット径を $\omega_{pd'}$ 、主面との間隔を d_1 （虚像であり負の数となる）とすると、この部分系の横倍率 m_2 と d_1 は次式で表すことができる。

$$m = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\pi\omega_1^2}{\lambda}\right)^2 C^2 + D^2}} \quad \dots (3)$$

$$d_2 = \frac{-\left(\frac{\pi\omega_1^2}{\lambda}\right)^2 \left(1 - \frac{d_1}{f_1}\right) C - \left(d_0 + d_1 - \frac{d_0 d_1}{f_1 f_2}\right) D}{\left(\frac{\pi\omega_1^2}{\lambda}\right)^2 C^2 + D^2} \quad \dots (4)$$

第6図(A)は半径 r が0.55mmから0.95mmの放物面を有する放物面鏡16に対して、主面と受光素子18の受光面(PD受光面)18aとの間隔を示す距離 d_0 に対する部分系の横倍率 m_2 を示したものである。また、第6図(B)は半径 r が0.55mmから0.95mmの放物面16の反射鏡に対して、距離 d_0 に対する虚像位置 d_1 を示したものである。なお、第6図の各図における凡例は(放物面鏡16の放物面の半径(mm)、主面と受光素子18の受光面(PD受光面)18aとの間隔(mm))を意味している。即ち、例えば、 m_2 (0.55, d_0)は、半径が0.55mmで主面とPD受光面の間隔が d_0 のときの横倍率(m_2)を意味している。

例えば、簡単のためこの光学系全体の横倍率を1倍とし、レンズによる部分系の横倍率を2倍、放物面16の反射鏡による部分系の横倍率を0.5倍とすれば、第5図より点R(主面)とPD受光面18aとの距離は、放物面16の反射鏡の半径 r が0.55mmから0.95mmに対して、0.28mmから0.48mmとなり、受光素子18の配線に使用されるワイアボンドの立上り部分の高さを許容するのに好適となり、ワイアボンドと放物面鏡16の反射鏡面との接触を防止することができる。

つぎに、球レンズ12の部分系について説明する。光ファイバ20からの出射光が入射する第1レンズは半径 R 、屈折率 n の球レンズ12であり、その焦点距離 $f_1 = R / (2(n-1))$ となる。第2図の光線追跡はNA0.2の範囲をNA0.04刻みに11本の光線で追跡した図であり、NA0.16の光線とN

A 0. 2の光線が交差している。このように、球レンズ1 2は安価であるが、球面収差が大きくレンズパワー（屈折力）の配分を多くする収差が増加するので、ここではレンズの部分系の横倍率を2倍とし、放物面鏡1 6にもパワーを配分して収差を抑えている。なお、波長1. 3 μm 、スポット径5 μm の光ファイバの
5 NAは $1/e^2$ 強度で0. 1であり、NA 0. 15ではほぼ98%の光強度分布があるので、この程度の収差配分であれば像のボケは非常に小さくなる。

なお、例えば、放物面鏡1 6の反射鏡を平面としてレンズ1枚の有限系で収束させた場合、好適な横倍率0. 8から0. 9倍程度としても受光半径10 μm に対する蹴られ損失は5%程度と大きくなることから、レンズの部分系の横倍率は
10 1倍以上が好適となる。

つぎに、放物面反射鏡の構成について説明する。第2図に示す光学系における非球面反射鏡の無収差条件が得られるのは双曲面反射鏡であり、コリメート光線を収束させる時に無収差条件となるのが放物面反射鏡（放物面鏡1 6）である。しかし、放物面反射鏡は回転対称軸と光軸とが平行である利点があり、楕円面や
15 双曲面を製作する鏡面フライス盤よりも切削精度の高い鏡面旋盤でモールド型が製作できる利点、並びにこのモールド型に回転対称軸があるため直交方向に壁面のある成形型の型組みが容易であるなどの利点がある。

つぎに、放物面反射鏡（放物面鏡1 6）の製造に好適なプラスチックの熱膨張係数 α は $5. 6 \times 10^{-5}$ であり、例えば半径 r が0. 85 mmの放物面反射鏡
20 を横倍率0. 5倍で使用する場合、反射点（第4図のR点）と受光素子1 8の受光面（PD受光面）1 8 aとの間隔が450 μm であり、受光素子1 8の厚みが150 μm 、セラミックからなる受光素子用基板（チップキャリア）1 7の厚みが145 μm とすると、環境温度が25℃から85℃に変化した時、反射鏡の底面から反射点（R点）の移動量は略2. 5 μm となる。一方、焦点距離も2. 8
25 μm の変動するが、例えば放物面反射鏡の部分系の縦倍率は約0. 25倍程度になるので影響は少ない。同様にして、半径1 mm以下、放物面反射鏡の部分系の横倍率が1倍以下であれば、像点の温度変動に伴う像のボケは小さく、特許公

報第2907203号公報に示される像点位置の複雑な構造の像点補償手段を配することもなく、簡単な構造で好適なものが得られる。

以上の光学系の利点につき、第7図(A)と第7図(B)でさらに説明する。第2図に示す通りレンズ12はキャップ13に取付けられており、このキャップ13はステム10にプロジェクション溶接などの方法で気密構造を成して溶接される。しかし、この溶接工程は比較的に位置精度の確保が難しい。しかるに、例えば、第7図(A)に示すように、放物面反射鏡16の反射点Rとレンズ12の中心軸が距離 Δ ずれて溶接された場合、光ファイバ20、またはレセプタクル2の調整固定工程において、レンズの部分系の横倍率を m_1 として、レンズ12の中心と光ファイバ20とを Δ/m_1 だけ移動させ、またレンズ主面と光ファイバ20の間隔 g を適宜に調整すれば、放物面鏡16における反射位置は前記R点の近傍となり、収差の増加も比較的少なく、第7図(B)の実験例で示す通り、距離 Δ が $100\mu\text{m}$ のずれに対しても受光感度の低下は2%程度で済む。かかる構成により、光ファイバ20、またはレセプタクル2を光軸方向、並びに光軸と垂直方向に適宜調整して固定すると、各部品の位置ずれを補正して好適な光学結合を得られる。

つづいて、第1図の受光素子モジュール3の詳細な構成について説明する。第8図(A)(B)は、第1図の受光素子モジュール3の水平断面図、垂直断面図を示すものである。第8図に示す如く、受光素子モジュール3は、差動構成の信号ピン41a、41b、ホトダイオード18のバイアス電圧の供給ピン43a、トランスインピーダンスアンプ19の電源電圧の供給ピン43b、およびグランドピン42a、42b等がマウントされる円板状のステム10と、放物面鏡16および複数の素子が搭載される台形柱状の台座11と、光ファイバ20から出射される信号光を集光する球レンズ12と、台座11などを外部から密閉するための円筒形のキャップ部材13と、および光ファイバ20が接続されたフェルルール21が挿入されるレセプタクル2等を備えている。

キャップ部材13は、プロジェクション溶接などによってステム10に固定さ

れる第1キャップ部材13aと、この第1キャップ部材13aの先端側に外嵌されてYAG溶接などによって第1キャップ部材13aに固定される第2キャップ部材13bとからなる2段円筒形状を呈している。

第1キャップ部材13aの先端側には、球レンズ12の挿入用の光貫通孔14
5 が形成されており、この光貫通孔14に球レンズ12が挿入される。球レンズ12は、例えばBK7（屈折率1.51）で構成されており、低融点ガラスによる溶融接合などによって第1キャップ部材13aに固定される。第1キャップ部材13aの内部空間15は、球レンズ12によって外部から画成されており、これにより台座11が収納される内部空間15を気密状態に保つようにしている。

10 第2キャップ部材13bをフェルール21（第2図参照）が挿入される方向（光軸方向）に位置決め調整して、第1キャップ部材13aに固定することで、球レンズ12とレセプタクル2に挿入される光ファイバ20との光軸方向の位置合わせを行う。

レセプタクル2は、光ファイバ20が接続されたフェルール21が挿入される
15 フェルール挿入孔22および光ファイバ20から射出される信号光を通過させるための光貫通窓23を有している。このレセプタクル2は、YAG溶接などによって第2キャップ部材13bに固定される。レセプタクル2を第2キャップ部材13bに固定する際に、光軸方向に垂直な2つの方向に対する位置決め調整を行うことで、球レンズ12とレセプタクル2に装着される光ファイバ20との光軸
20 に直角な2つの方向に関する位置合わせを行う。このように、第2キャップ部材13bとレセプタクル2は固定される際に位置決め調整され、光軸に対して3軸方向の調整が行われる。

光ファイバ20が接続されているフェルール21は、フェルール21がレセプタクル2のフェルール挿入孔22に挿入されたとき、フェルール21を押圧しか
25 つフェルール21をレセプタクル2にロック固定するための適宜の機構（図示せず）を有している。

つぎに、キャンパッケージ1内の構成について説明する。第9図は、ステム1

0とピンと台座11の配置関係などを示すための図である。第9図に示す如く、キャンパッケージ1は、複数のピンがマウントされた円板状のステム10と、A gロウ付けなどによってステム10の内壁面に垂直に固定される台形柱状の台座11とから構成される。

5 グランドを構成するステム10には、受光素子18の信号伝送のための一対の差動構成の信号ピン41a、41bと、信号ピン41a、41bの両側に配される2本のグランドピン42a、42bと、トランスインピーダンスアンプ19の電源電圧の供給や、受光素子18にバイアス電圧を供給するための電圧供給ピン43a、43bとがマウントされている。

10 信号ピン41a、41bおよびグランドピン42a、42bは、ステム10を貫通するフィードスルーを構成している。これら各信号ピンは、ガラスなどの材料で構成される誘電体(61、63a、63b)を介してステム10に対し気密封止状態で固定されている。グランドピン42a、42bは、グランドを構成するステム10の外壁面10zに圧着および溶接によって固定されている。

15 より詳細に説明すると、ステム10は、コバルト(F e-N i合金)、軟鉄あるいはC uW(銅タングステン)などの金属で構成され、通常、その上層に半田付けのためにN iや金などのメッキが施されている。また、ステム10は、例えばコバルト(F e-N i合金)や軟鉄の場合は金属板を金型で打ち抜いて作ることができ、例えばC uWの場合はインジェクションモールド技術で作ることができ、製造が簡単なので、コストが安いという利点を有している。ステム10には、
20 複数の孔51、53a、53bが分散して形成されており、これらの孔51、53a、53bに、夫々誘電体61、63a、63bが挿入される。

 誘電体61には一対のピン挿入孔(符号省略)が形成され、これらのピン挿入孔に信号ピン41a、41bが挿入固定される。同様に、誘電体63a、63b
25 には、孔(符号省略)がそれぞれ形成され、これらの各孔に電圧供給ピン43a、43bが挿入固定される。一対の信号ピン41a、41bが挿入される誘電体61の形状は、この場合長円形状を呈している。これに対応して、誘電体61が挿

入される孔 5 1 も長円形状を呈している。その他の誘電体 6 3 a、6 3 b は、円形形状としている。なお、グランドピン 4 2 a、4 2 b は、貫通されておらず、前述したように、ステム 1 0 の外壁面 1 0 z に圧着および溶接によって固定されている。

- 5 誘電体 6 1、6 3 a、6 3 b としては、例えば、コバールガラス、ほうけい酸ガラスなどを使用する。また、信号ピン 4 1 a、4 1 b、電圧供給ピン 4 3 a、4 3 b、およびグランドピン 4 2 a、4 2 b としては、例えばコバール、5 0 % N i - F e 合金などの金属を使用する。

- 10 ステム 1 0 と、台座 1 1 とを別体として製造する場合は、台座 1 1 はステム 1 0 に対し A g ロウ付けなどによって接続固定される。勿論、ステム 1 0 と台座 1 1 とを一体物として製造するようにしてもよい。

- 台座 1 1 の上面には、差動線路基板 3 1 と、トランスインピーダンスアンプ用回路素子 3 3 と、受光素子用回路素子 3 2 と、トランスインピーダンスアンプ 1 9 と、放物面鏡 1 6 と、受光素子用基板 1 7 とが搭載されている。なお、受光素子用基板 1 7 としてセラミックチップ型の容量を使用すれば、受光素子との接続を半田付け固定としてインダクタンスを減らし、トランスインピーダンスアンプ 1 9 との配線などに依存する共振を防止することができ好適である。台座 1 1 はメッキにより一面の接地導体層（以下ベタグランド）を構成しており、このベタグランドは、各素子の裏面に平面導体板として形成されたグランドに接続されている。
- 15
- 20

- 差動線路基板 3 1 は、対称形状に形成された一対のストリップ差動信号線 3 1 a、3 1 b と、基板の裏面に平面導体板として形成されたベタグランド（図示せず）で構成されている。ストリップ差動信号線 3 1 a、3 1 b の一端側には、ステム 1 0 から突出された信号ピン 4 1 a、4 1 b と接触させるための一対のパッド（9 1 a、9 1 b）と、フィードスルー部や前後の回路とのインピーダンス整合をとるための幅広部 9 2 やスタブ 9 3 a および 9 3 b が形成されている。ステム 1 0 にマウントされる信号ピン 4 1 a、4 1 b の端部は、差動線路基板 3 1 の
- 25

パッドにロウ付けまたは半田付けによって接続固定されている。

受光素子用回路素子 3 2 は、受光素子用基板 1 7 に搭載される受光素子 1 8 に
バイアス電圧を供給する際に適宜の周波数帯のノイズを除去するための回路素子
(容量、抵抗、コイル等) が搭載されている。この受光素子用回路素子 3 2 には、
5 パット (符号省略) が複数形成されており、電圧供給ピン 4 3 a とワイヤボン
9 5 a で接続され、受光素子用基板 1 7 のパットと他のワイヤボン 7 0 c で接
続されている。

トランスインピーダンスアンプ用回路素子 3 3 は、トランスインピーダンスア
ンプ 1 9 に供給する電源電圧の適宜の周波数のノイズを除去するための回路素子
10 (容量、抵抗、コイル等) が搭載されている。このトランスインピーダンスア
ンプ用回路素子 3 3 には、パット (符号省略) が複数形成されており、電圧供給ピ
ン 4 3 b とワイヤボン 9 5 b で接続され、トランスインピーダンスアンプ 1 9
のパットとワイヤボン 7 0 d で接続されている。

トランスインピーダンスアンプ 1 9 の差動信号の出力端子は、差動線路基板 3
15 1 等のパットとワイヤボン 9 6 a、9 6 b で接続されている。また、トランス
インピーダンスアンプ 1 9 は、受光素子 1 8、受光素子用回路素子 3 2 等のパ
ットとワイヤボンで接続されている (第 1 0 図の説明で後述する)。トランス
インピーダンスアンプ 1 9 では、受光素子 1 8 から入力される電気信号を電流電圧
変換した後に増幅する。

20 受光素子用基板 1 7 は、例えば、pin 型のホトダイオード等の受光素子 1 8
を搭載しており、また、パット (符号省略) が複数形成されており、受光素子用
回路素子 3 2 およびトランスインピーダンスアンプ 1 9 とワイヤボンで接続さ
れている。受光素子 1 8 は、放物面鏡 1 6 で反射された信号光を受光して電気信
号 (モニタ信号) に変換する。この電気信号は、トランスインピーダンスアンプ
25 1 9 で増幅された後、トランスインピーダンスアンプ 1 9 における差動信号の出
力端子から出力され、差動線路基板 3 1 の一対のストリップ差動信号線 3 1 a、
3 1 b を介して、ステム 1 0 にマウントされた信号ピン 4 1 a、4 1 b から上位

システムに出力される。

放物面鏡 16 は、プラスチックモールドで形成されている。この放物面鏡 16 は、第 8 図に示すように、放物面を呈する反射面 16 a を有しており、受光素子 18 とトランスインピーダンスアンプ 19 をワイヤボンドで接続するための溝（第 10 図参照）が形成されている。反射面 16 a は、クロムなどの密着性の良い下地皮膜を施した後で、反射率の高い金、アルミニウム、銀などの金属皮膜を電子線ビーム蒸着やスパッタリングなどの方法で塗布される。また、反射膜は二酸化チタンや二酸化シリコンの誘電体多層膜や、アルミナや五酸化三タンタルなどを使用したもの、また、金属皮膜の上に誘電体の保護膜を塗布したものでも良い。なお、反射面 16 a の表面に絶縁膜を塗布することによって、ワイヤボンドとの短絡防止に効果が有り、好適である。

放物面鏡 16 の反射面 16 a は、球レンズ 12 で集光された信号光を、略 90° 屈曲させて反射して受光素子 18 の受光面 18 a に到達させる役割を果たし、さらには、反射面 16 a がパラボラ状になっていることから、収差をほとんど発生させずに、受光素子 18 の感度を増大させることができる。

このように、放物面鏡 16 で信号光の伝達経路を略直角に屈曲させることによって、受光素子 18 の表面に対して水平方向の位置に球レンズ 12 や各種電気部品を配置することが可能となり、受光素子モジュールを薄型化することが可能となる。

第 10 図は、受光素子 18 とトランスインピーダンスアンプ 19 の電氣的な接続を説明するための図であり、同図 (A) は、放物面鏡 16 の周辺の垂直断面図、同図 (B) は正面図、同図 (C) は放物面鏡 16 を取り外した場合の平面図を示すものである。第 10 図 (A) ~ (C) に示す如く、受光素子 18 とトランスインピーダンスアンプ 19 は、台座 11 上の同一平面上に近接して搭載されている。受光素子用基板 17 に載置される受光素子 18 は、表面側に受光面を有する表面入射型のホトダイオードからなり、表面側に受光面（ホトダイオード部分）18 a および電極であるパッド 18 b（例えば、p 側電極）が形成されている。また、

受光素子用基板 17 側には電極（例えば、n 側電極）が形成されている。

- 放物面鏡 16 には、受光素子 18 とトランスインピーダンスアンプ 19 をワイヤボンドで接続するための溝 16 b が形成されている。なお、溝 16 b は図面においては半円筒形の形状をしているが、特に、この形状に特定されるものではなく、例えば、直方形の形状でも構わない。即ち、放物面鏡 16 が台座 11 に設置された状態で放物面鏡 10 をトンネルのように貫通するようであれば、どのような形状でも良い。トランスインピーダンスアンプ 19 には、電気信号を入力するためのパッド 19 b と、グランド 19 a が形成されている。受光素子 18 のアノード側のパッド 18 b とトランスインピーダンスアンプ 19 のパッド 19 b とはワイヤボンド 70 b の一端側および他端側がそれぞれボンディングされている。受光素子 18 のカソード側の電極（図示せず）は、受光素子用基板 17 の電極 17 a に半田付されている。受光素子用基板 17 の電極 17 a はワイヤボンド 70 c を介して受光素子用回路素子 32 に接続され、受光素子用回路素子 32 は電圧ピン 43 a に接続される。容量 32 b の裏面の電極は受光素子用基板 17 の電極 17 a に接続される。容量 32 b の表面の電極は、受光素子用基板 17 のグランド面 17 b とワイヤボンド 70 e で接続される。また、容量 32 b の表面の電極は、トランスインピーダンスアンプ 19 のグランド 19 a にワイヤボンド 70 a で接続される。受光素子用基板 17 のグランド面 17 b はスルーホール 17 c を介して台座 11 の表面（グランド面）と接続される。
- 第 11 図（A）～（C）は、第 10 図（A）～（C）の他の例として、受光素子 18 とトランスインピーダンスアンプ 19 の電気的な接続を説明するための図であり、同図（A）は、放物面鏡 16 の周辺の垂直断面図、同図（B）は正面図、同図（C）は放物面鏡 16 を取り外した場合の平面図を示すものである。第 11 図（A）～（C）に示す如く、受光素子用基板 17 にセラミックチップ型の平行平板の容量 170 を使用して、構造を簡単にしても良い。この場合、受光素子 18 の裏面をセラミックチップ型の容量 170 の上面に載置し、セラミックチップ型の容量 170 の裏面を台座 11 のグランド面に接続する。即ち、容量 170 の

両端の電極の平面を台座 11 と平行にして、容量 170 の下端の電極を台座 11 のグランド面に電氣的に導通するように固定し、容量 170 の上端の電極にホトダイオードの裏面側の電極と電氣的に接続するように載置する。また、トランスインピーダンスアンプ 19 のグランド 19 a は、第 10 図 (A) ~ (C) と同様
5 に台座 11 のグランド面に接続される。また、トランスインピーダンスアンプ 19 のパッド 19 b は受光素子 18 のパッド 18 b と接続される。

実施の形態 1 の受光素子モジュールによれば、光ファイバ 20 から射出される信号光を球レンズ 12 で集光し、集光した信号光を放物面鏡 16 で反射する構成としているので、放物面鏡 16 の反射面 16 a の領域を小さくすることができ、
10 放物面鏡 16 を小型化することが可能となる。これにより、受光素子モジュールを小型化することが可能となる。また、放物面鏡の反射面の小型化により、反射鏡の素材による熱膨張係数の影響も少なくなり、構造が簡単化される。

また、放物面鏡 16 では、放物面中心から略半径分オフセットした位置で信号光を略直角に屈曲させて受光素子 18 に入射させることとしたので、放物面鏡 1
15 6 の放物面（反射面）による収差を低減することができ、像ボケを少なくすることが可能となる。

また、球レンズ 12 と放物面鏡 16 の放物面とで信号光を集光することとしたので、球レンズ 12 による屈折力を小さくして球面収差による像ボケを少なくすることが可能となる。

20 また、第 2 キャップ部材 13 b とレセプタクル 2 を固定する際に、光軸に対して 3 軸方向（光軸方向と光軸方向に垂直な 2 方向）に調整することとしたので、信号光の像を受光素子 18 の受光面 18 a に精度良く位置合わせすることが可能となる。

また、台座 11 上に受光素子 18 とトランスインピーダンスアンプが搭載され
25 ているトランスインピーダンスアンプ 19 を近接させて配置することとしたので、高周波特性を改善することが可能となる。

また、受光素子用基板 17 にはセラミックチップ型の容量を使用することによ

って、受光素子 18 とトランスインピーダンスアンプ 19 とを接続するワイヤボンド配線 70 a、70 b のインダクタンスに伴う共振を防止することが可能になる。

また、キャップ部材 13 に球レンズ 12 を挿入するための光貫通孔 14 を形成し、この光貫通孔 14 に球レンズ 12 を挿入して密閉構造を実現することとしたので、安価に密閉構造を実現でき、また、確実な密閉構造を実現することが可能となる。

なお、上記した実施の形態 1 では、2 次曲面の反射面を有する反射鏡として、放物面鏡を使用することとしたが、反射面が双曲面である双曲面鏡を使用することにしても良い。また、本実施の形態 1 では、受光素子 18 として、ホトダイオードを使用することとしたが、アバランシェホトダイオード等の他の光半導体素子を使用することにしても良い。

実施の形態 2.

第 12 図を参照して、実施の形態 2 の受光素子モジュールを説明する。実施の形態 1 の受光素子モジュールでは、受光素子として表面入射型のホトダイオード 180 を使用することとしたが、実施の形態 2 の受光素子モジュールでは、裏面入射型のホトダイオード 180 を使用して、受光素子 180 とトランスインピーダンスアンプ 19 をワイヤボンドで接続するための放物面鏡 16 の溝を不要としたものである。第 12 図は、受光素子 180 とトランスインピーダンスアンプ 19 の電気的な接続を説明するための図であり、同図 (A) は、放物面鏡 16 の周辺の垂直断面図、同図 (B) は正面図、同図 (C) は放物面鏡 16 を取り外した場合の平面図を示すものである。第 12 図において、第 10 図と同等機能を有する部位には同一符号を付してある。

第 12 図に示す如く、受光素子用基板 175 に載置される受光素子 180 は、裏面側に受光面を有する裏面入射型のホトダイオードからなり、裏面側に受光面 (ホトダイオード部分) 180 a が形成されている。受光素子用基板 175 の表面には、一対の電極 175 a、175 c (一対の p 側と n 側の電極) が形成され

ている。受光素子用基板 175 の電極 175 a、175 c 上に、受光素子 180 の図示しない一対の端子（アノード、カソード）が夫々半田付けで接続される。また、電極 175 a の上面には、容量 32 b の裏面電極が半田付けされている。容量 32 b の表面電極は、受光素子用基板 175 の他の導体パッド 175 b に接続される。導体パッド 175 b は、スルーホール 175 e を介して台座 11 の表面に接続される。受光素子用基板 175 の他の導体パッド 175 d に、ワイヤボン

5 ド 70 a の一端側がボンディングされ、ワイヤボン ド 70 a の他端側がトランスインピーダンスアンプ 19 のパット 19 a に接続されている。容量 32 b の表面電極は、受光素子用基板 175 の導体パッド 175 d にも接続される。ワイヤ

10 ボンド 70 b の一端側は電極 175 c に接続され、ワイヤボン ド 70 b の他端側は、トランスインピーダンスアンプ 19 のパット 19 b にボンディングされている。

実施の形態 2 の受光素子モジュールによれば、受光素子 180 として、裏面入射型のホトダイオードを使用しているので、受光素子 180 とトランスインピー

15 ダンスアンプ 19 をワイヤボン ドで接続するための放物面鏡 16 の溝 16 b（第 10 図参照）が不要となるため、放物面鏡 16 の溝 16 b の加工が不要となり、放物面鏡 16 の製造コストを低減することが可能となる。

実施の形態 3.

第 13 図を参照して、実施の形態 3 の受光素子モジュールを説明する。実施の

20 形態 1 の受光素子モジュールでは、台座 11 上でトランスインピーダンスアンプ 19 を受光素子 18 の後段側に配置しているが、実施の形態 3 の受光素子モジュールでは、台座 11 上でトランスインピーダンスアンプ 19 を受光素子 18 の前段側に配置して、受光素子モジュール 3 の横幅方向（水平方向）を省スペース化するものである。第 13 図は、第 1 図の受光素子モジュール 3 の垂直断面図を模式的に示したものであり、一部の部位の図示を省略し、また、部位を簡易化して

25 図示している。第 13 図において、第 2 図と同等機能を有する部位には同一符号を付してある。第 13 図に示す如く、台座 11 には、受光素子 18 の前段側にト

ランスインピーダンスアンプ 19 が配置され、受光素子 18 の後段側に放物面鏡 16 が配置されている。このとき、ストリップ差動信号線 31 a、31 b は受光素子 18 と干渉しないように、放物面鏡 16 がストリップ差動信号線 31 a、31 b に設けられる。

- 5 実施の形態 3 の受光素子モジュールによれば、台座 11 上でトランスインピーダンスアンプ 19 を受光素子 18 の前段側に配置しているので、実施の形態 1 の受光素子モジュールに比して、トランスインピーダンスアンプ 19 を配置するスペース分だけ受光素子モジュールの横幅方向（水平方向）を省スペース化することが可能となる。また、放物面鏡 16 もその同程度横方向の幅を狭くできる。
- 10 また、トランスインピーダンスアンプ 19 と受光素子 18 を接続するワイヤボンド 70 a、70 b を、放物面鏡 16 の前方（光ファイバ 20 側）に配置すれば、良く、放物面鏡 16 の下面に、ワイヤボンドを通過させる溝 16 b を設けなくとも、トランスインピーダンスアンプ 19 と受光素子 18 を接続することができる。ただし、ワイヤボンド 95 a、95 b は放物面鏡 16 を避けるように配置する。
- 15 実施の形態 4.

- 第 14 図を参照して、実施の形態 4 の受光素子モジュールを説明する。実施の形態 1 の受光素子モジュールでは、キャップ部材 13 に形成されている光貫通孔に球レンズ 12 を挿入して密閉構造を形成していたが、実施の形態 4 の受光素子モジュールでは、キャップ部材 13 に形成されている光貫通孔に透明の部材を配置して密閉構造を形成するものである。第 14 図は、第 1 図の受光素子モジュール 3 の垂直断面図を模式的に示したものであり、一部の部位の図示を省略し、また、部位を簡易化して図示している。第 14 図において、第 2 図と同等機能を有する部位には同一符号を付してある。
- 20

- レセプタクル 2 とキャップ部材 13 との間に、レンズ 12 を保持するレンズ保持部材 80 が設けられる。レンズ保持部材 80 の端面は、キャップ部材 13 の光貫通孔 81 側の一端面に溶接などで接合される。また、レンズ保持部材 80 の外周は接続部材 85 の一端側の内周と嵌合し、レンズ保持部材 80 に対して接続部
- 25

材 8 5 が摺動して溶接される。接続部材 8 5 の他端側の端面は、レセプタクル 2 の孔 2 2 と反対側の端面が溶接される。

第 1 4 図に示す如く、キャップ部材 1 3 には、光貫通孔 8 1 が形成されており、光貫通孔 8 1 が形成されたキャップ部材 1 3 の内壁側に低融点ガラス等で固定されたコバーラガラス等からなる透明の部材（窓部材） 8 2 で光貫通孔 8 1 が覆われている。この透明の部材 8 2 により密閉構造が達成される。キャップ部材 1 3 には、球レンズ 1 2 を挿入するための光貫通孔が形成されている円筒形状を呈するレンズ保持部材 8 0 が固定されている。この光貫通孔には、球レンズ 1 2 を挿入されて接着剤等で固定される。さらに、レンズ保持部材 8 0 には、レセプタクル 2 が固定されている。

実施の形態 4 の受光素子モジュールによれば、光貫通孔 8 1 が形成されたキャップ部材 1 3 の内壁側に、透明の部材 8 2 を固定して光貫通孔 8 1 を覆うことにより密閉構造を実現することとしたので、安価に密閉構造を実現でき、また、確実な密閉構造を実現することが可能となる。

なお、本発明は、上記した実施の形態に限定されるものではなく、発明の要旨を変更しない範囲で適宜変形して実施可能である。

以上説明したように、この発明によれば、光ファイバから射出される信号光を集光するレンズと、レンズによって集光された信号光を反射させる 2 次曲面の反射面を有する反射鏡と、反射鏡によって反射された信号光を受光して電気信号に変換する受光素子とを備えて受光素子モジュールを構成したので、反射面鏡には、レンズで集光された信号光が入力するため、反射鏡の反射面の領域を小さくすることができ、反射鏡を小型化することが可能となり、この結果、反射鏡の素材による熱膨張係数の影響も少なくなり、構造が簡単化される。また、安価で小型化が可能な受光素子モジュールを提供することが可能となる。

25

産業上の利用可能性

以上のように、本発明にかかる受光素子モジュールは、光ファイバを使用した

光通信システムの受信器および送受信器に広く利用可能である。

請 求 の 範 囲

1. 光ファイバから射出される信号光を受光する受光素子モジュールにおいて、
前記光ファイバから射出される信号光を集光するレンズと、
5 前記レンズによって集光された信号光を反射させる 2 次曲面の反射面を有する
反射鏡と、
前記反射鏡によって反射された信号光を受光して電気信号に変換する受光素子
と、
を備えたことを特徴とする受光素子モジュール。
10
2. 前記反射鏡によって前記レンズの光軸上に形成される前記受光素子の受光
面の虚像に対して、前記レンズにより前記光ファイバにおける信号光の射出点の
実像が結像することを特徴とする請求の範囲第 1 項に記載の受光素子モジュール。
- 15 3. 前記反射鏡は、放物面鏡であることを特徴とする請求の範囲第 1 項に記載
の受光素子モジュール。
4. 前記レンズで集光される信号光は前記反射面の軸に略平行に前記反射面に
入射し、
20 前記反射面では、前記反射面の中心から略半径分オフセットした位置で、入射
される前記信号光を反射することを特徴とする請求の範囲第 3 項に記載の受光素
子モジュール。
5. 前記レンズで集光される信号光は前記反射面の軸に略平行に前記反射面に
25 入射し、
前記反射面では、入射される信号光を略直角に屈曲させて反射させることを特
徴とする請求の範囲第 3 項に記載の受光素子モジュール。

6. 前記反射鏡は、双曲面鏡であることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の受光素子モジュール。
- 5 7. 前記レンズは、球レンズであることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の受光素子モジュール。
8. 前記受光素子と同一平面上に近接して配され、前記受光素子で変換された電気信号を増幅するトランスインピーダンスアンプを備えたことを特徴とする請求の範囲第1項に記載の受光素子モジュール。
- 10 9. 前記反射鏡は、プラスチックモールドで形成されたことを特徴とする請求の範囲第1項に記載の受光素子モジュール。
- 15 10. 前記光ファイバの光軸を、当該光軸方向および当該光軸に直角な2方向の3軸方向の調整を行うことを特徴とする請求の範囲第1項に記載の受光素子モジュール。
11. 前記レンズの部分系の倍率を1倍以上3倍以下とし、
- 20 前記反射鏡の部分系の倍率を1/6倍以上1倍以下とし、
前記レンズおよび前記反射鏡からなる光学系全体の倍率を0.5倍以上1倍以下としたことを特徴とする請求の範囲第1項に記載の受光素子モジュール。
12. 前記反射鏡の曲率半径あるいは焦点距離が1mm以下であることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の受光素子モジュール。
- 25 13. グランドが前記トランスインピーダンスのグランドと電氣的に接続され

た容量を備え、

前記受光素子、前記トランスインピーダンスアンプおよび前記容量がほぼ同一平面に配置されたことを特徴とする請求の範囲第8項に記載の受光素子モジュール。

5

14. 上面に前記受光素子を載置し、その裏面を前記台座のグランド面に接続する容量を備えたことを特徴とする請求の範囲第8項に記載の受光素子モジュール。

10 15. 光ファイバから射出される信号光を受光する受光素子モジュールにおいて、

信号ピンを貫通するステムと、

前記ステムに対して垂直方向に固定される台座と、

光貫通孔を有し、前記ステムに固定されるキャップ部材と、

15 前記光貫通孔に挿入され、前記光ファイバから射出される信号光を集光する球レンズと、

前記台座上に配され、前記球レンズで集光された信号光を略直角に屈曲させて反射する放物面鏡と、

20 前記台座上に配され、前記放物面鏡で反射された信号光を受光して電気信号に変換する受光素子と、

前記台座上に前記受光素子と近接して配され、前記受光素子で変換された電気信号を増幅するトランスインピーダンスアンプと、

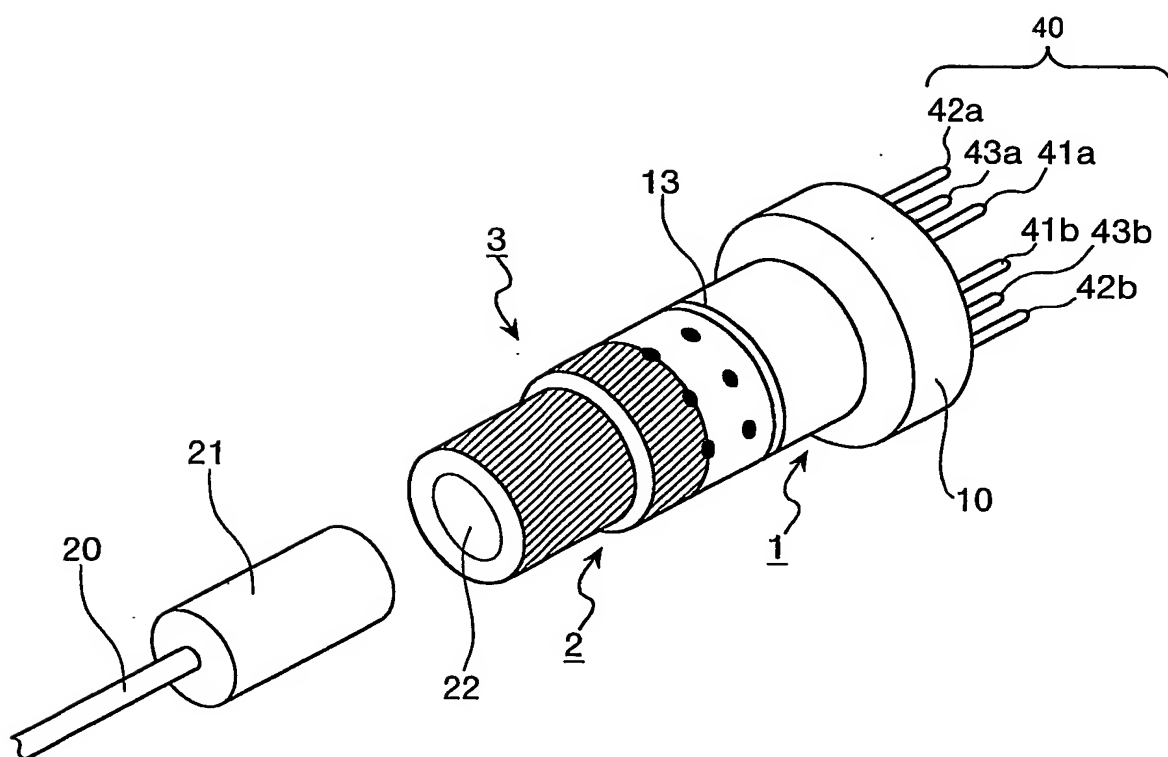
を備えたことを特徴とする受光素子モジュール。

25 16. 光ファイバから射出される信号光を受光する受光素子モジュールにおいて、

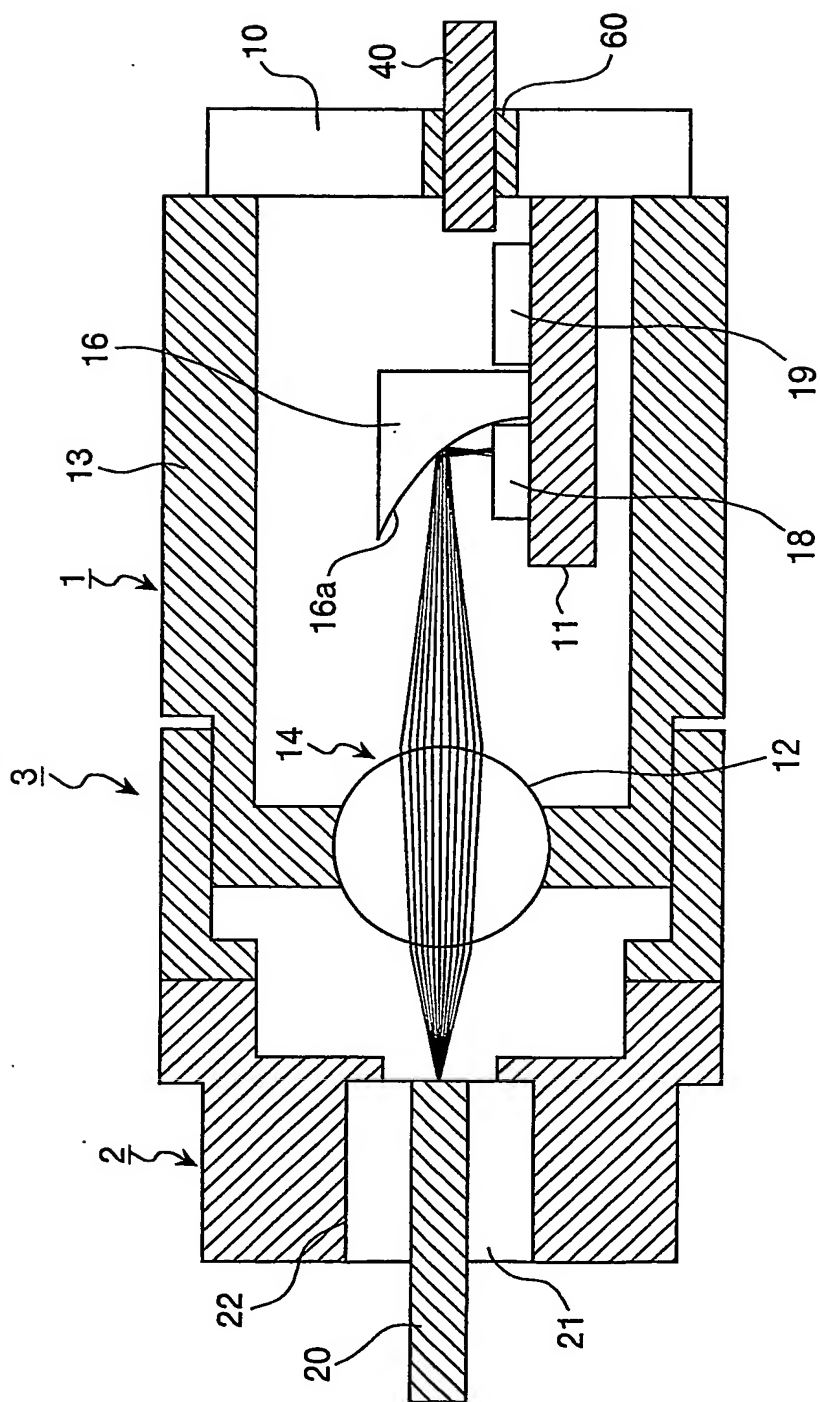
信号ピンを貫通するステムと、

- 前記システムに対して垂直方向に固定された台座と、
第 1 の光貫通孔を有し、前記システムに固定されるキャップ部材と、
前記第 1 の光貫通孔を覆う窓部材と、
第 2 の光貫通孔を有し、前記キャップ部材に固定されるレンズ保持部材と、
5 前記第 2 の光貫通孔に挿入され、前記光ファイバから射出される信号光を集光する球レンズと、
前記台座上に配され、前記球レンズで集光された信号光を略直角に屈曲させて反射する放物面鏡と、
前記台座上に配され、前記放物面鏡で反射された信号光を受光して電気信号に変換する受光素子と、
10 前記台座上に前記受光素子と近接して配され、前記受光素子で変換された電気信号を増幅するトランスインピーダンスアンプと、
を備えたことを特徴とする受光素子モジュール。

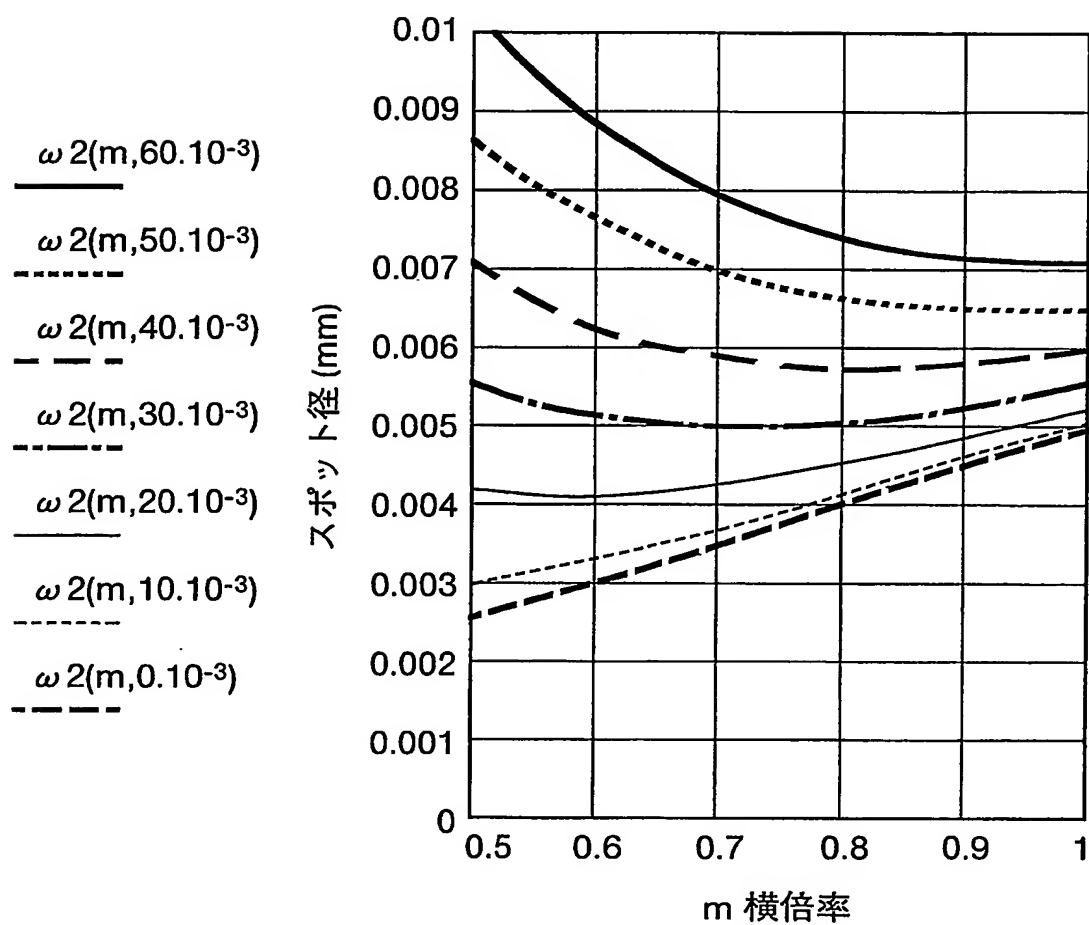
第1図



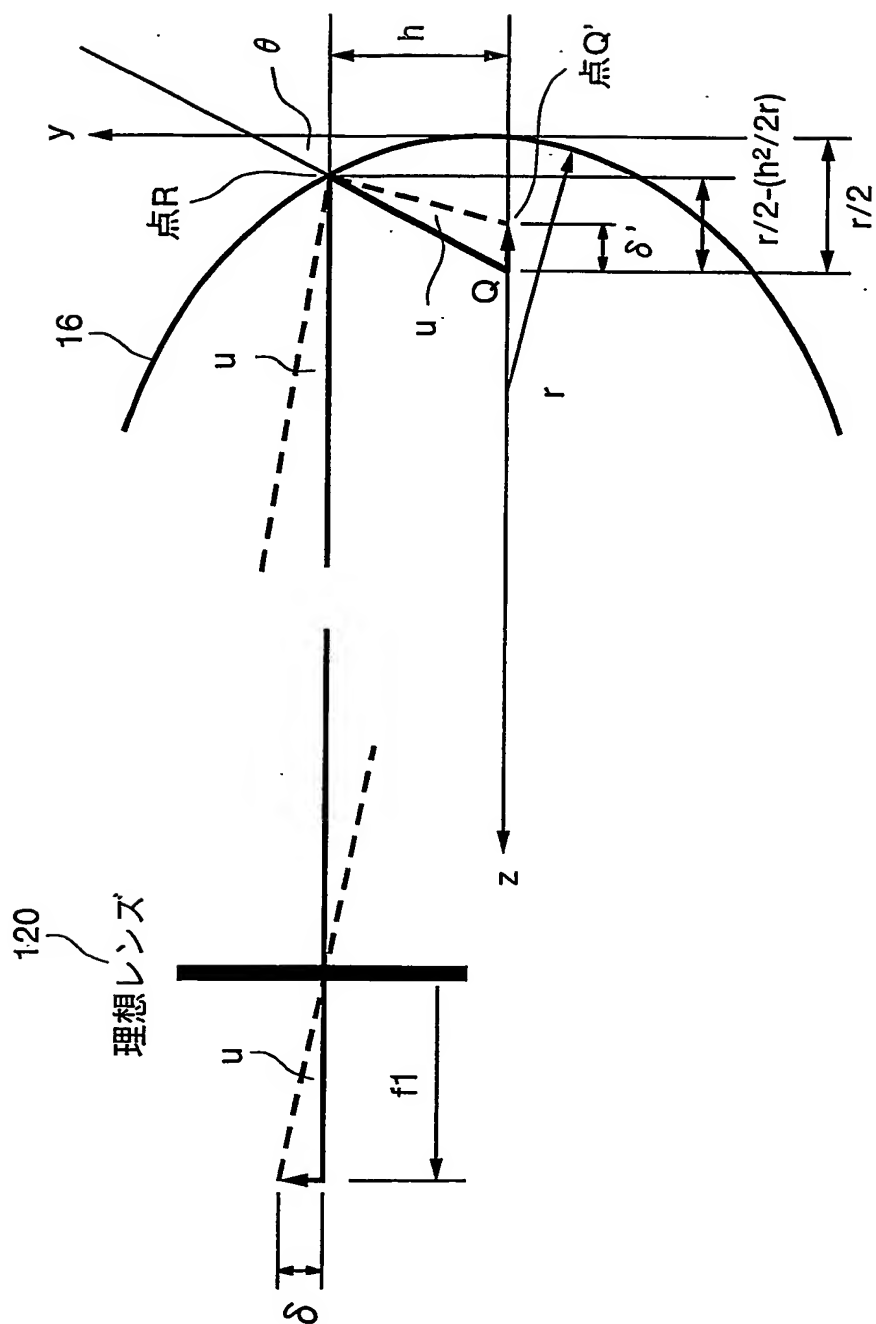
第2図



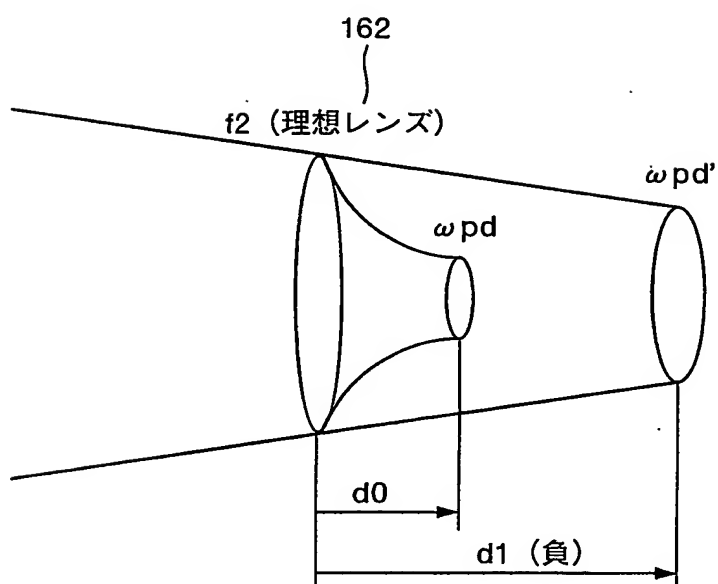
第3図



第4図

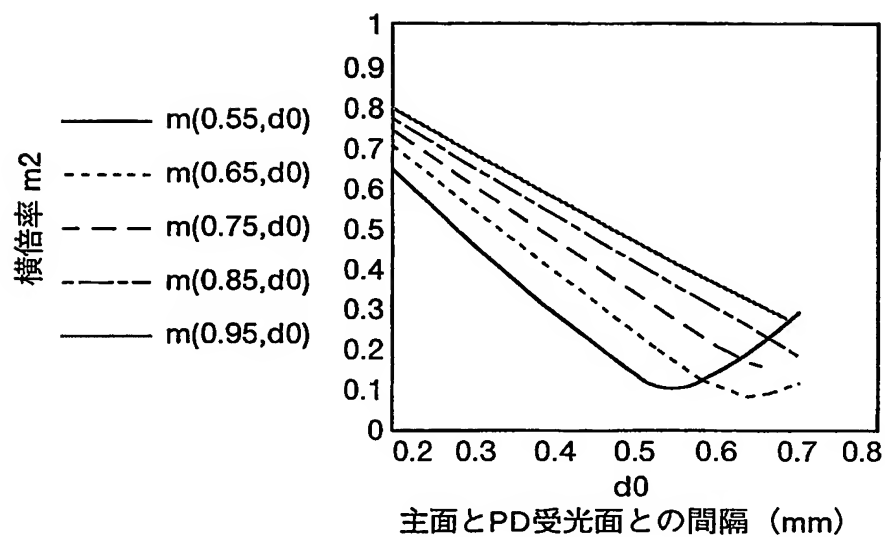


第5図

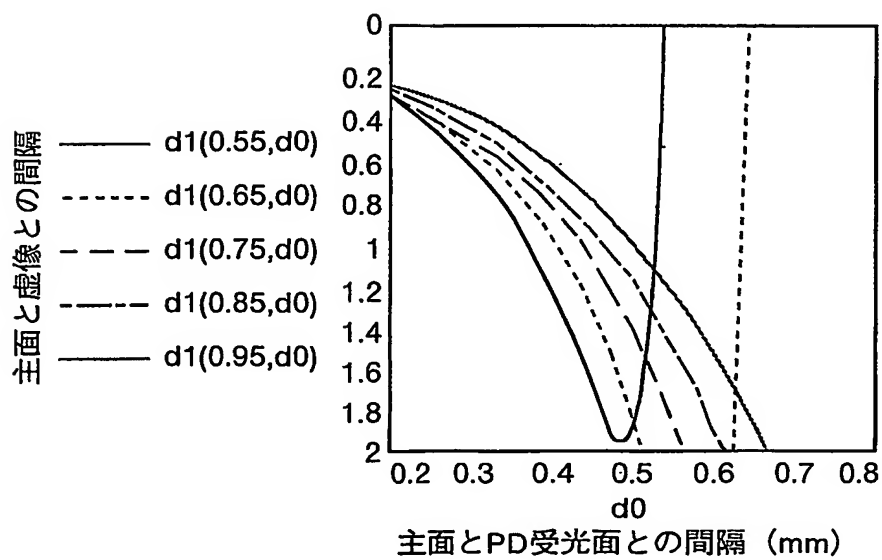


第6図

(A)

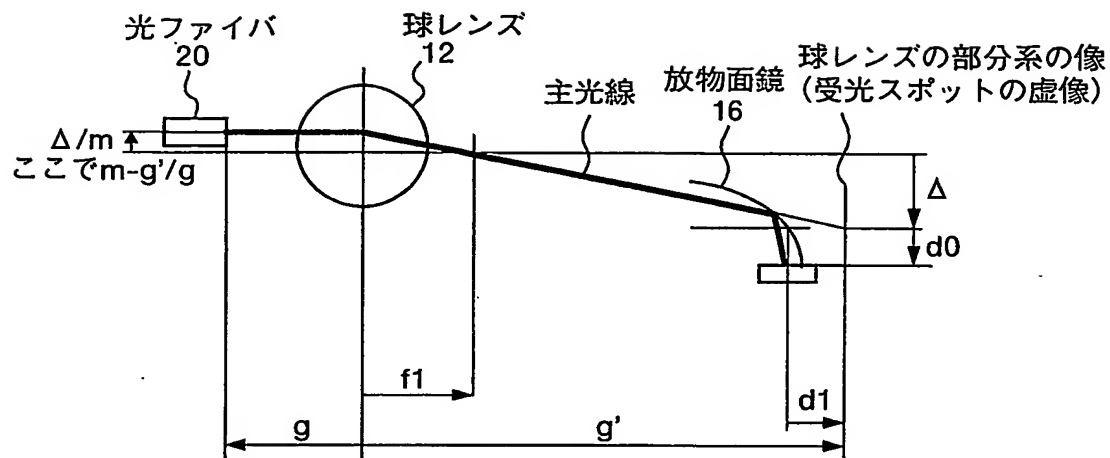


(B)

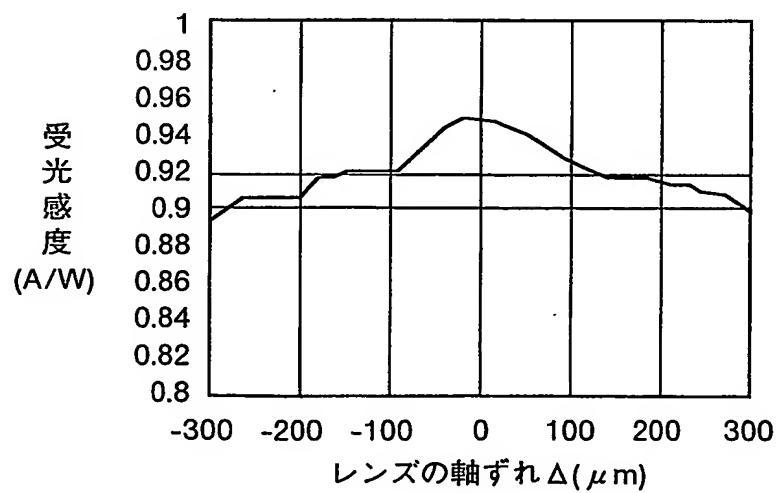


第7図

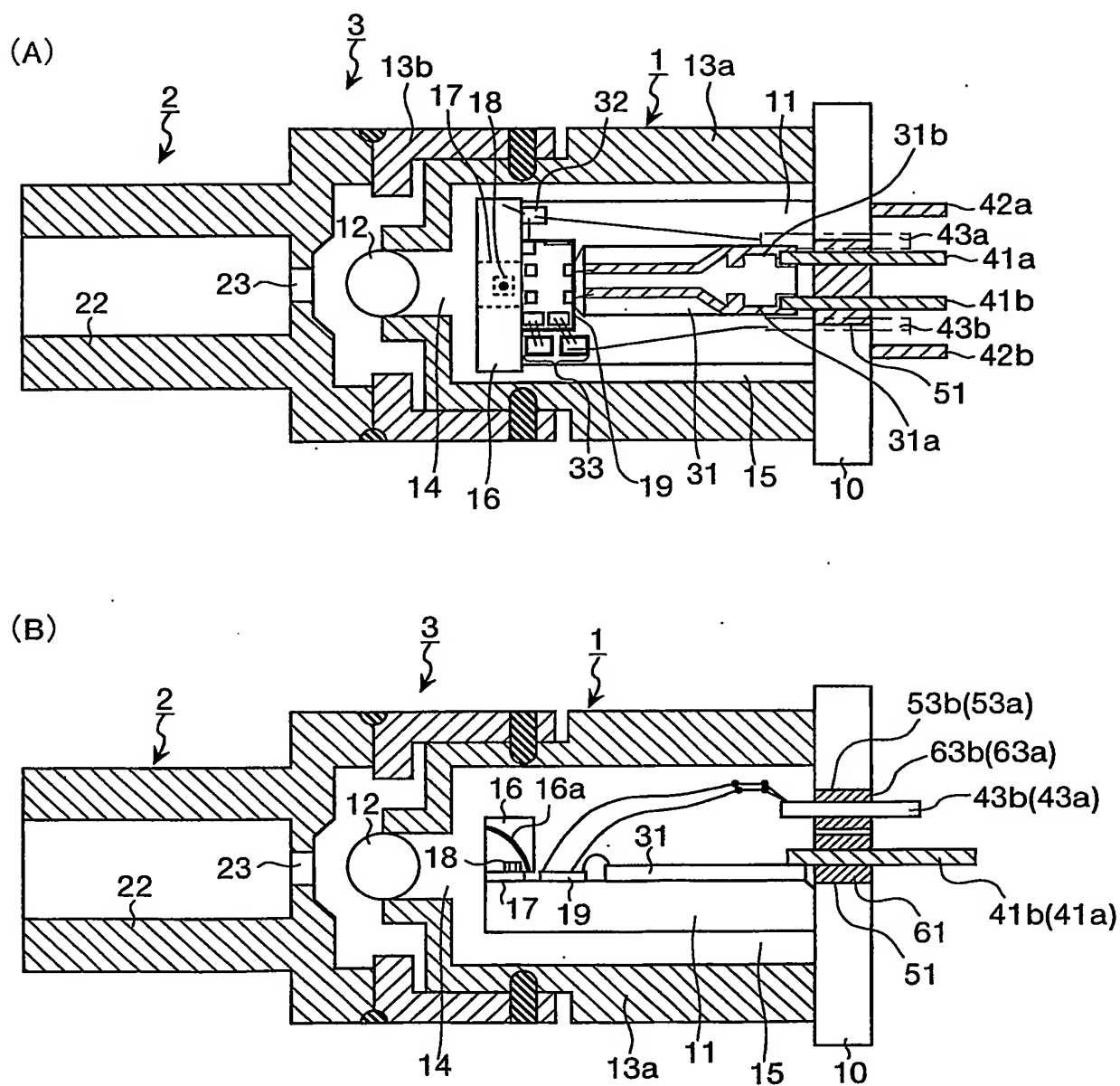
(A)



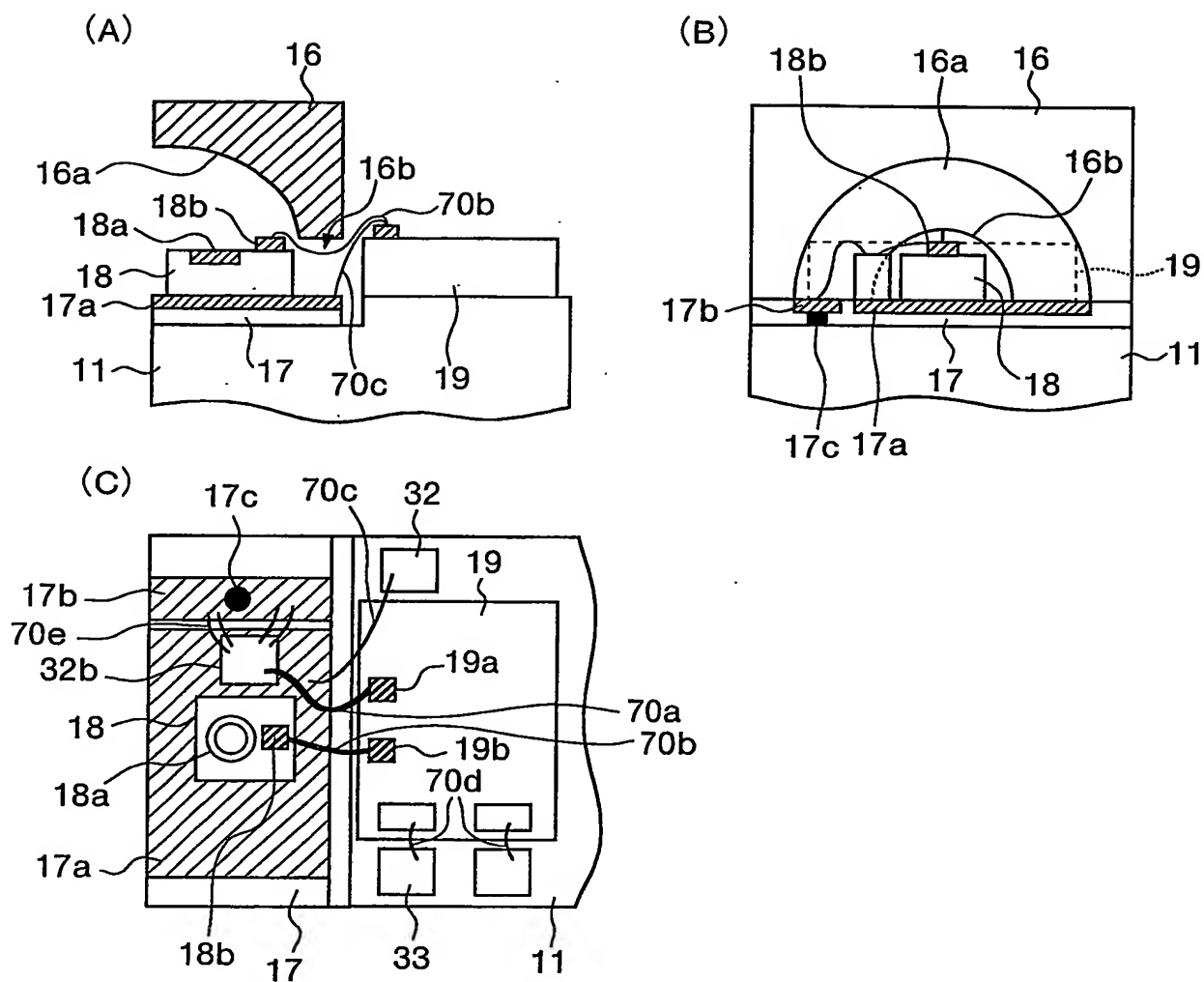
(B)



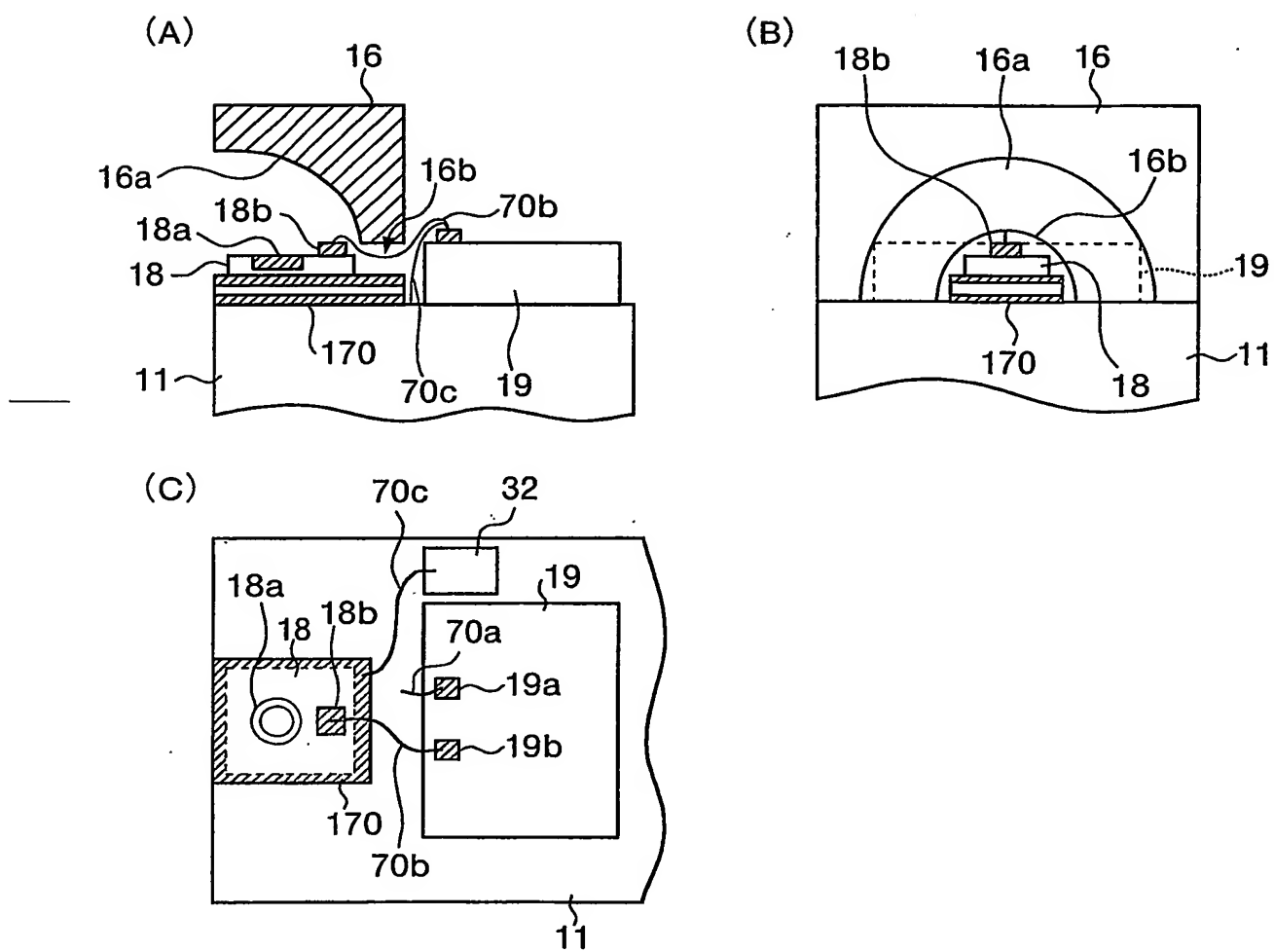
第 8 図



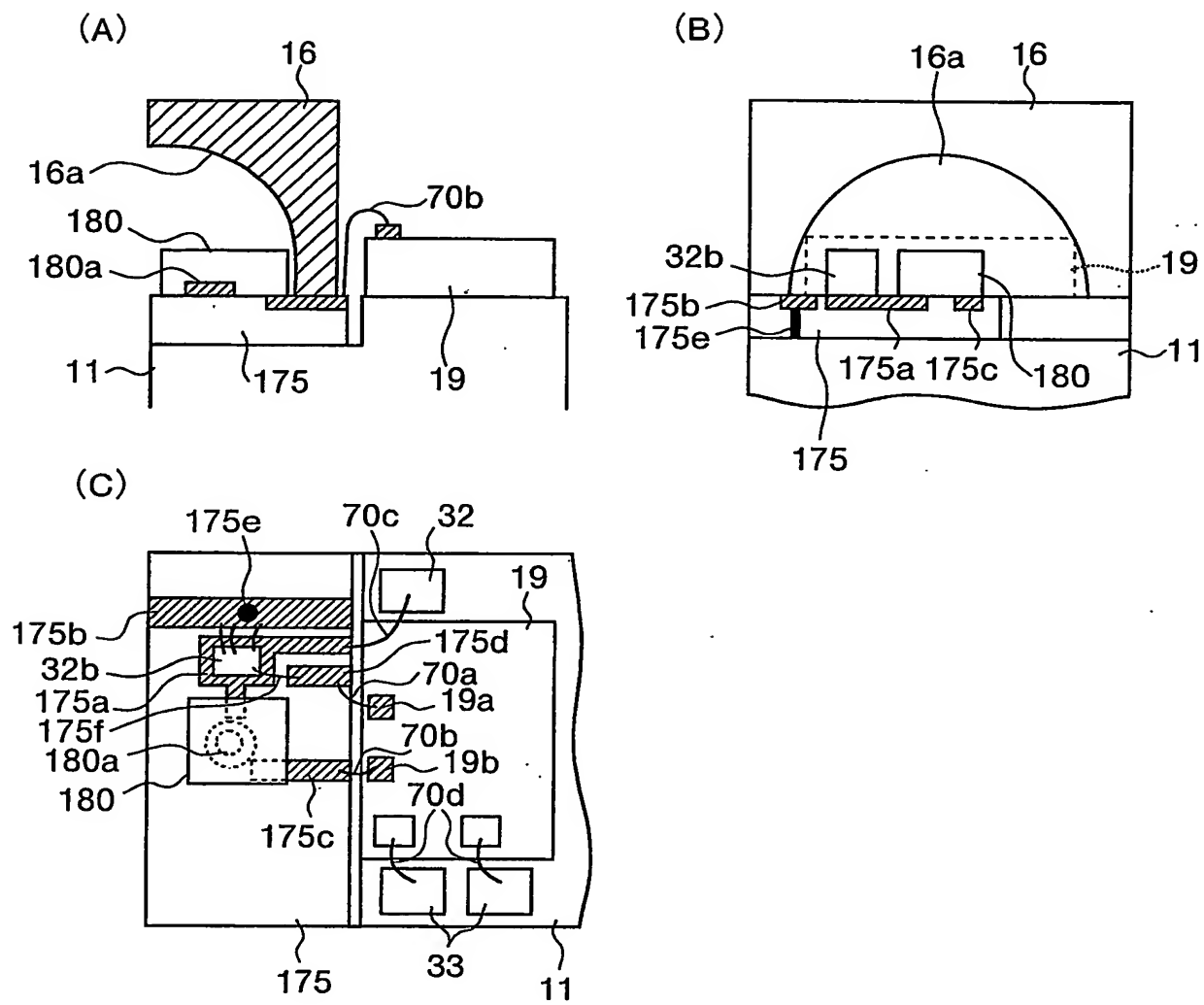
第10図



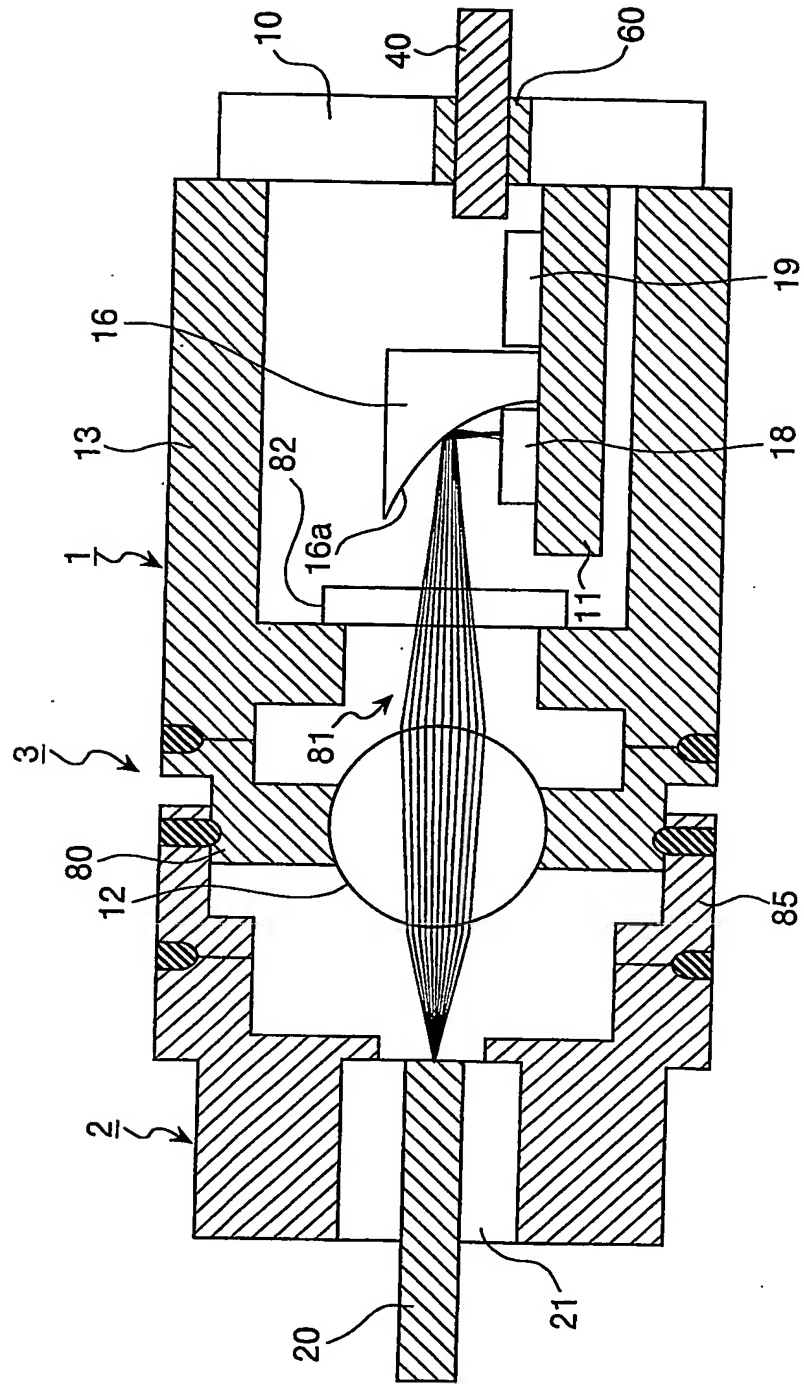
第11図



第12図



第14図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/08858

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H01L31/0232, G02B6/42

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H01L31/00-31/0392, G02B6/42

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 4-88308 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 23 March, 1992 (23.03.92), Full text; all drawings (Family: none)	1-7, 9, 10 8, 12-16 11
Y	JP 2001-345456 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 14 December, 2001 (14.12.01), Full text; all drawings (Family: none)	8, 13-16
Y	US 2002/0001870 A1 (Mikio ODA), 03 January, 2002 (03.01.02), Par. No. [0104]; Fig. 16 & JP 2002-82244 A Par. Nos. [0014], [0047]; Fig. 12	12

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
07 October, 2003 (07.10.03)Date of mailing of the international search report
28 October, 2003 (28.10.03)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/08858

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 57-195209 A (Tokyo Shibaura Electric Co., Ltd.), 30 November, 1982 (30.11.82), Full text; all drawings (Family: none)	6
A	JP 8-172207 A (Mitsubishi Electric Corp.), 02 July, 1996 (02.07.96), Full text; all drawings (Family: none)	7
A	JP 11-190812 A (Kyocera Corp.), 13 July, 1999 (13.07.99), Full text; all drawings (Family: none)	7
A	JP 9-222564 A (Jiro SEKINE), 26 August, 1997 (26.08.97), Claim 5 (Family: none)	9
A	EP 660146 A1 (NEC CORP.), 28 June, 1995 (28.06.95), Claim 7 & JP 7-234345 A & US 5771322 A & KR 196261 B	9
A	JP 4-57006 A (Hitachi, Ltd.), 24 February, 1992 (24.02.92), Full text; all drawings (Family: none)	10
A	JP 8-227029 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 03 September, 1996 (03.09.96), Full text; all drawings (Family: none)	10
A	JP 2000-28872 A (The Furukawa Electric Co., Ltd.), 28 January, 2000 (28.01.00), Full text; all drawings (Family: none)	15
A	JP 2-130507 A (Fujitsu Ltd.), 18 May, 1990 (18.05.90), Full text; all drawings (Family: none)	16
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 138767/1987 (Laid-open No. 88907/1989) (NEC Corp.), 12 June, 1989 (12.06.89), Full text; all drawings (Family: none)	16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/08858

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:

because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:

because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:

because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Claims 1 and 2 were searched as "a first mentioned invention (main invention)". As a result, it was evidenced that the features as set forth in Claims 1 and 2 are not novel since they are disclosed as a prior art in Document 1 (JP04-088308A).

Accordingly, the main invention is not considered to have "special technical features". Claims 3-7, 9, and 10 are grouped into the same invention as Claim 1 since they are formed by simply applying widely known technologies to Claim 1.

(continued to extra sheet)

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.

2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.

3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.

☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/08858

Continuation of Box No. II of continuation of first sheet (1)

Then, so long as Claims 8 and 13-16 (second invention) are compared with the prior art, the "special technical feature" of the second invention is "a photoreceptor device module having a transimpedance amplifier disposed on a same plane in proximity to a photoreceptor device".

On the other hand, so long as Claims 11 (third invention) and Claim 12 (fourth invention) are compared with the prior art, the "special technical feature" of the third invention is "a photoreceptor device module having a lens partial system of 1-3 x magnification, a reflector partial system of 1/6-1 x magnification, and an entire optical system of 0.5-1 magnification". The "special technical feature" of the fourth invention is "a photoreceptor device module having a reflector of 1 mm or less in radius of curvature or a focal length".

There is no technical relationship involving one or more same or corresponding special technical features between these second to fourth inventions.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01L 31/0232, G02B 6/42

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01L 31/00-31/0392, G02B 6/42

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	J P 4-88308 A (住友電気工業株式会社)	1-7, 9, 10
Y	1992. 03. 23, 全文, 全図	8, 12-16
A	(ファミリーなし)	11
Y	J P 2001-345456 A (松下電器産業株式会社)	8, 13-16
	2001. 12. 14, 全文, 全図	
	(ファミリーなし)	
Y	US 2002/0001870 A1 (Mikio Oda)	12
	2002. 01. 03, 段落 [0104], Fig. 16	

☒ C欄の続きにも文献が列举されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

07. 10. 03

国際調査報告の発送日

28.10.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)
 道祖土 新吾



2K

3106

電話番号 03-3581-1101 内線 3253

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
	& J P 2002-82244 A 段落【0014】，【0047】， 図12	
A	J P 57-195209 A (東京芝浦電気株式会社) 1982. 11. 30, 全文, 全図 (ファミリーなし)	6
A	J P 8-172207 A (三菱電機株式会社) 1996. 07. 02, 全文, 全図 (ファミリーなし)	7
A	J P 11-190812 A (京セラ株式会社) 1999. 07. 13, 全文, 全図 (ファミリーなし)	7
A	J P 9-222564 A (関根 二郎) 1997. 08. 26, 【請求項5】 (ファミリーなし)	9
A	EP 660146 A1 (NEC CORPORATION) 1995. 06. 28, Claim 7 & J P 7-234345 A & US 5771322 A & KR 196261 B	9
A	J P 4-57006 A (株式会社日立製作所) 1992. 02. 24, 全文, 全図 (ファミリーなし)	10
A	J P 8-227029 A (日本電信電話株式会社) 1996. 09. 03, 全文, 全図 (ファミリーなし)	10
A	J P 2000-28872 A (古河電気工業株式会社) 2000. 01. 28, 全文, 全図 (ファミリーなし)	15
A	J P 2-130507 A (富士通株式会社) 1990. 05. 18, 全文, 全図 (ファミリーなし)	16
A	日本国実用新案登録出願62-138767号(日本国実用新案登録出願公開1-88907号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を記録したマイクロフィルム(日本電気株式会社) 1989. 06. 12, 全文, 全図 (ファミリーなし)	16

第I欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項 (PCT 17条(2)(a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第II欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

請求の範囲1及び2を「最初に記載されている発明(主発明)」として調査を行った結果、請求の範囲1及び2に記載の特徴は、先行技術として、文献1(JP04-088308A)に開示されているから新規でないことが明らかとなった。従って、主発明は、「特別な技術的特徴」を有するとは認められない。なお、請求の範囲3-7及び9、10は、請求の範囲1に周知技術等を適用したにすぎないため、請求の範囲1と同じ発明に区分する。

そして、請求の範囲8及び13-16(第2発明)と上記先行技術とを比較する限りにおいて、第2発明の特別な技術的特徴は「受光素子と同一平面上に近接して配されたトランスインプीडダンスアンプを有する受光素子モジュール」である。

一方、請求の範囲11(第3発明)及び請求の範囲12(第4発明)と上記先行技術とを比較する限りにおいて、第3発明の「特別な技術的特徴」は「レンズの部分系の倍率を1-3倍とし、反射鏡の部分系の倍率を1/6-1倍とし、光学系全体の倍率を0.5-1倍とした受光素子モジュール」であり、第4発明の「特別な技術的特徴」は「反射鏡の曲率半径あるいは焦点距離が1mm以下である受光素子モジュール」である。

これら第2-4発明の間に、一又は二以上の同一又は対応する特別な技術的特徴を含む技術的な関係は認められない。

1. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
- ☒ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。